



Available online at
SciVerse ScienceDirect
www.sciencedirect.com

Annals of Physical and Rehabilitation Medicine 55 (2012) 404–414

Elsevier Masson France
EM|consulte
www.em-consulte.com



Original article / Article original

The impact of recurrent dislocation on shoulder rotator muscle balance (a prospective study of 102 male patients)

*Retentissement des instabilités post-traumatiques sur l'équilibre musculaire
des rotateurs de l'épaule*

J. Jan^{a,*}, T. Benkalfate^a, P. Rochcongar^b

^a Clinique la Sagesse, 4, place Saint-Guénolé, 35043 Rennes cedex, France

^b Service de médecine du sport, CHU de Pontchaillou, rue Louis-Le-Guillou, 35033 Rennes cedex, France

Received 18 August 2011; accepted 22 May 2012

Abstract

Purpose of the study. – We performed an isokinetic analysis of both shoulders in 102 male patients suffering from shoulder instability after several trauma-related anterior or anterior-inferior dislocations. The analysis was part of a comprehensive medical and radiological assessment (with standard X-rays and cross-sectional imaging) prior to surgery. The study's objective was to measure the strength of the patients' internal and external rotators after recurrent dislocations (by comparing injured and healthy sides) and to evaluate the dislocations' impact on the muscles on the injured side.

Materials and methods. – The mean patient age was 24.8 (range: 16–47). We analysed the impact of instability on rotator muscle performance according to the side (dominant or non-dominant), the number of dislocations and the severity of any associated bone damage. The isokinetic analysis was performed at least one month after the last shoulder dislocation. The same operator performed all procedures. The modified Davies position was adopted, in order to record the peak torque of the internal and external rotators during concentric contractions at 60° and 180° per second. Means and standard deviations for peak torque to body weight ratios and external/internal rotator peak torque ratios were reported.

Results. – After several anterior or anterior-inferior shoulder dislocations, there was a non-significant difference in the external rotator/internal rotator ratio when comparing injured and healthy sides - regardless of whether the injured side was dominant or not, the number of dislocations and the severity of bone damage.

Conclusion. – Systematic, presurgical, isokinetic testing of the shoulder does not appear to be of value in post-traumatic instability in male patients.

© 2012 Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

Keywords: Shoulder; Instability; Isokinetic; Muscles; Torque; Dislocation

Résumé

Nous avons effectué un bilan isocinétique systématique des deux épaules à 102 hommes, présentant tous une instabilité secondaire à plusieurs luxations antérieures ou antéro-inférieures d'origine traumatique. Ce test intervenait dans le bilan préopératoire qui comprenait un bilan clinique et radiologique (radiographies standards ± imagerie en coupe). Le but de cette étude était: d'évaluer la force musculaire des rotateurs internes et externes de l'épaule lésée et de comparer les résultats avec ceux obtenus du côté controlatéral sain ; d'étudier le retentissement de l'instabilité sur l'équilibre musculaire des rotateurs internes et externes de l'épaule lésée.

Population et méthode. – L'étude a concerné 102 hommes, âge moyen 24,8 ans. Nous avons évalué le retentissement de l'instabilité sur l'équilibre des rotateurs en fonction du côté lésé : dominant ou non, du nombre d'épisodes d'instabilité, ainsi que de l'importance des lésions osseuses associées. Tous les tests ont été réalisés par le même opérateur, sur le même dynamomètre : Cybex Norm ; nous avons évalué les rotateurs médiaux et latéraux ainsi que le rapport RL/RM en mode concentrique à 60° et 180°/s. Le délai entre le dernier épisode d'instabilité et le test était au minimum de un mois.

* Corresponding author.

E-mail address: jjan@lasagesse.fr, janjacqueline@wanadoo.fr (J. Jan).

Résultats. – On ne retrouve pas de différence significative des valeurs du rapport RL/RM en mode concentrique : quel que soit le côté lésé (dominant ou non), le nombre d'épisodes d'instabilité ou l'importance des lésions osseuses.

Conclusion. – Il ne semble pas y avoir d'intérêt à inclure un test isocinétique systématique en préopératoire dans le cadre d'instabilité post-traumatique chez les hommes.

© 2012 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

Mots clés : Épaule ; Instabilité ; Isocinétisme

1. English version

1.1. Introduction

In 1890, Broca and Hartman [3,4] hypothesized that recurrence after an initial traumatic anterior-inferior dislocation of the shoulder was related to the presence of damage to the glenoid labrum and a posterior defect of the head of the humerus. In 1950, De Palma [10] criticized this hypothesis and suggested that recurrent glenohumeral instability was predominantly due to a neuromuscular imbalance caused by rotator muscle damage at the time of the initial trauma. Isokinetic evaluation [8,9,30,31,36] is now acknowledged to be a reliable technique for evaluating the performance of the shoulder rotator muscles. It enables the detection of impairments in some muscle groups and the identification of disease-induced perturbations of the agonist-antagonist balance.

The objective of the present study was to:

- study the possible impact of post-traumatic instability on the muscle balance between the internal rotators (IRs) and external rotators (ERs) of the injured shoulder as a function of dominance, the number of dislocations and the severity of any associated bone damage;
- and specify the indication for isokinetic evaluation.

1.2. Materials and methods

We performed a prospective study between April 2004 and January 2009.

1.2.1. Population

We performed a comprehensive, isokinetic assessment of both shoulders on 102 male patients, all of whom presented secondary instability following one or more anterior or anterior-inferior dislocations of traumatic origin. The mean patient age was 24.8 (range: 16–47) and the morphological characteristics of the study population are summarized in Table 1. The causes of instability are detailed in Fig. 1.

Table 1
Morphological characteristics of the study population.

| Patients | Age (years) | Weight (Kg) | IMC | Number of recurrences |
|--|-------------|-------------|------|-----------------------|
| Dominant side injured (<i>n</i> = 64) | 23 | 72.3 | 23.3 | 4 (2–10) |
| Non dominant side injured (<i>n</i> = 38) | 26 | 73.5 | 23.7 | 4 (2–8) |

1.2.2. Inclusion criteria

All subjects had presented at least one documented episode of anterior or anterior-inferior post-traumatic dislocation. The mean number of instability episodes was 4 (range: 1–10).

The injured shoulder was on the dominant side in 64 subjects and on the non-dominant side in 38; there were no significant morphological differences between these two groups. Likewise, the mean number of instability episodes was similar in the two groups.

The time interval between the first traumatic dislocation and the isokinetic testing was 38 months, on average (range: 4–146). The isokinetic testing was always carried out at least one month after the last instability episode (range: 1–6).

Most patients had received orthopaedic and rehabilitation care following the initial dislocation, with the elbow immobilized against the body for between 8 and 20 days. The rehabilitation typically combined strengthening of the IRs with proprioceptive work.

The recurrences had not always been followed by rehabilitation. All patients were assessed with standard X-rays and cross-sectional imaging. Ninety-eight subjects had undergone arthrography and four had undergone magnetic resonance imaging.

1.2.3. Exclusion criteria

Subjects presenting episodes of non-traumatic instability or associated damage (such as rupture of the rotator cuff or fracture of the humerus) were excluded from the study.

1.2.4. Isokinetic testing

Isokinetic testing was always performed as part of a presurgical assessment. All tests were performed by the same operators in the Department of Sports Medicine at Rennes University Hospital and were always preceded by a clinical examination to check for the absence of contraindications (pain, limited joint movement, etc.).

Each patient received a study information sheet describing the test and the possible complications.

All tests were performed on the same Cybex Norm dynamometer. The subject adopted the modified Davis position, i.e. a sitting position with the arm held at an angle of between 25° and 45° in the plane of the scapula and with the elbow flexed at angle of 90°.

1.2.5. Order of test performance

The injured side was always tested first, in order to determine the maximum pain-free joint amplitudes. We

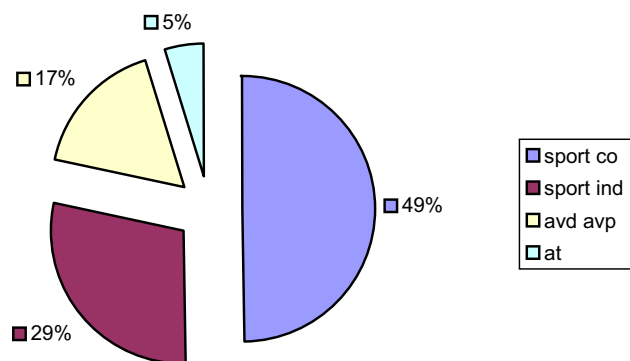


Fig. 1. The causes of instability.

rigorously noted the positional parameters, so that identical joint amplitudes were tested on each side.

Measurements were performed after the patient had warmed up on the dynamometer; the length of the warm-up was not set in advance, so that the subject could familiarize himself with the procedure and, above all, felt confident about performing the test.

The test always started with the arm in external rotation. The patient performed three repetitions at a low angular velocity (60°/s). Then, after a 20-second rest, the patient performed five repetitions at high velocity (180°/s). We recorded the concentric-mode peak torque (relative to bodyweight, i.e. in Nm/kg) for the IRs and ERs at both velocities and also calculated the ER/IR ratio.

1.2.6. Statistical analysis

The study endpoints were the peak torque (relative to bodyweight; expressed in Nm/kg) for the IRs and ERs and the ER/IR ratio at both velocities (60°/s and 180°/s).

In each group, we compared the values recorded on the healthy and injured sides. Wilcoxon's non-parametric test for matched samples (a signed rank test) was applied with BiostaTGV software (<http://marne.u707.jussieu.fr/biostatgv/>). Application of this statistical test meant that we did not have to check the distribution and variance in each group.

The threshold for statistical significance was set to $P < 0.05$.

1.3. Results

1.3.1. Overall results (102 subjects)

There were no significant differences between the injured and healthy sides in terms of IR or ER strength or the ER/IR ratio (Table 2).

1.3.2. The influence of dominance

1.3.2.1. Injury to the dominant-side injury (64 subjects). There were no significant differences between the injured and healthy sides in terms of IR or ER strength or the ER/IR ratio (Table 2).

1.3.2.2. Injury to the non-dominant side (38 subjects). There was no significant difference in the ER/IR ratio when comparing the injured and healthy sides (Table 2). We observed a general trend towards muscle weakness on the injured, non-dominant side, relative to the healthy, dominant side. There was a significant difference for the ERs at 60°/s and the IRs at 180°/s. The values were slightly lower on the non-dominant side but (when considering the results in the previous section) appeared to be more related to non-dominance than to injury.

1.3.3. The influence of the number of recurrences

1.3.3.1. One or two recurrences (42 subjects). There was no significant difference in the ER/IR ratio when comparing the injured and healthy sides (Table 3). There was a general trend towards weakness of the IRs and ERs on the injured side, at both velocities.

1.3.3.2. Three to five recurrences (38 subjects). There was no significant difference in the ER/IR ratio when comparing the injured and healthy sides (Table 3). There was a general trend towards weakness of the IRs and ERs on the injured side, at both velocities.

1.3.3.3. More than five recurrences (22 subjects). The peak torque for the IRs was similar at 60°/s and lower at 180°/s when comparing the injured and healthy sides (Table 3).

Table 2
Overall results.

| Peak torque (Nm) % bodyweight | Overall results <i>n</i> = 102 | | Dominant side injured <i>n</i> = 64 | | Non-dominant side injured <i>n</i> = 38 | |
|-------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|--|-------------------|--|--------------------------------|
| | Healthy side | Injured side | Healthy side | Injured side | Healthy side | Injured side |
| RM 60°/s | 0.72 (0.12) | 0.71 (0.12) NS | 0.72 (0.12) | 0.74 (0.12) NS | 0.73 (0.12) | 0.68 (0.11) <i>P</i> = 0.06 |
| RL 60°/s | 0.32 (0.08) | 0.31 (0.07) NS | 0.32 (0.07) | 0.31 (0.07) NS | 0.34 (0.08) | 0.30 (0.08) <i>P</i> = 0.04 |
| RL/RM 60°/s | 0.45 (0.09) | 0.43 (0.09) NS | 0.44 (0.08) | 0.43 (0.08) NS | 0.45 (0.11) | 0.44 (0.09) NS |
| RM 180°/s | 0.59 (0.12) | 0.55 (0.14) <i>P</i> = 0.06 | 0.59 (0.13) | 0.58 (0.14) NS | 0.58 (0.11) | 0.52 (0.13) <i>P</i> = 0.04 |
| RL 180°/s | 0.25 (0.06) | 0.23 (0.06) NS | 0.24 (0.06) | 0.24 (0.05) NS | 0.26 (0.07) | 0.23 (0.06) NS |
| RL/RM 180°/s | 0.43 (0.09) | 0.44 (0.11) NS | 0.42 (0.09) | 0.43 (0.11) NS | 0.44 (0.09) | 0.45 (0.11) NS |

Table 3

The influence of the number of recurrences.

| Peak torque (Nm) % bodyweight | Number of recurrences < 3 <i>n</i> = 42 | | Number of recurrences 3 to 5 <i>n</i> = 38 | | Number of recurrences > 5 <i>n</i> = 22 | |
|-------------------------------|--|--------------------------------|---|--------------------------------|--|-------------------|
| | Healthy side | Injured side | Healthy side | Injured side | Healthy side | Injured side |
| RM 60°/s | 0.74 (0.11) | 0.72 (0.12) NS | 0.72 (0.13) | 0.72 (0.13) NS | 0.70 (0.11) | 0.70 (0.11) NS |
| RL 60°/s | 0.32 (0.07) | 0.31 (0.08) NS | 0.33 (0.07) | 0.31 (0.07) <i>P</i> = 0.03 | 0.32 (0.09) | 0.30 (0.06) NS |
| RL/RM 60°/s | 0.44 (0.08) | 0.43 (0.1) NS | 0.46 (0.09) | 0.43 (0.08) NS | 0.46 (0.12) | 0.43 (0.07) NS |
| RM 180°/s | 0.61 (0.12) | 0.58 (0.13) <i>P</i> = 0.02 | 0.58 (0.13) | 0.54 (0.16) <i>P</i> = 0.01 | 0.56 (0.12) | 0.54 (0.13) NS |
| RL 180°/s | 0.25 (0.05) | 0.24 (0.06) NS | 0.25 (0.07) | 0.23 (0.06) NS | 0.25 (0.07) | 0.23 (0.04) NS |
| RL/RM 180°/s | 0.41 (0.09) | 0.42 (0.09) NS | 0.43 (0.09) | 0.45 (0.11) NS | 0.45 (0.11) | 0.45 (0.13) NS |

The peak torque for the ERs was lower at both velocities on the injured side.

The ER/IR ratio was lower at 60°/sec but did not differ significantly, there was no difference at 180°/s when comparing the injured and healthy sides.

Overall (and regardless of the number of instability episodes), we observed a general trend towards weakness of the rotators on the injured side but did not see a significant difference in the ER/IR torque ratio measured in concentric mode.

1.3.4. The influence of bone damage

1.3.4.1. Presence of posterior, notch-like damage to the head of the humerus (35 subjects). There was no significant difference in the ER/IR ratio when comparing the injured and healthy sides (Table 4). We observed a general trend towards weakness of the IRs and ERs on the injured side and at both velocities. The weakness was significant for the IRs at 180°/s.

1.3.4.2. Presence of damage to the lower glenoid cavity (21 subjects). There was no significant difference in the ER/IR ratio when comparing the injured and healthy sides (Table 4). We observed a general trend towards weakness of the IRs and ERs on the injured side and at both velocities.

1.3.4.3. Presence of damage to the lower glenoid cavity and posterior, notch-like damage to the head of the humerus (eight subjects). There was no significant difference in the ER/IR ratio when comparing the injured and healthy sides (Table 4). We observed a general trend towards weakness of the IRs and ERs and low ER/IR ratios on the injured side and at both velocities.

Overall, and regardless of the type of bone damage, we did not observe any significant differences in ER/IR ratios measured in concentric mode.

1.4. Discussion

The objective of the present work was to study the possible impact of recurrences of post-traumatic anterior and anterior-inferior dislocations on the shoulder IR/ER muscle balance.

Our study concerned only male patients; this type of recruitment was prompted by literature data showing that post-traumatic dislocations are more frequent in men. Zachilli and Owens [33,44] found that males accounted for 71.8% of the patients attending the emergency room for this condition (with an annual incidence of 23.9 per 100,000 subjects).

The mean patient age in our study was 24.8 (range: 14–47), which is similar to that generally found by other authors. Zachilli and Owens [44] observed that 46.8% of trauma incidents concerned the 15–29-age class. Owens et al. [32]

Table 4

The influence of bone damage.

| Peak torque (Nm) % bodyweight | Notch-like damage <i>n</i> = 35 | | Damage to the lower glenoid cavity <i>n</i> = 21 | | Notch-like damage + Damage to the lower glenoid cavity <i>n</i> = 8 | |
|-------------------------------|------------------------------------|------------------------------|---|----------------|--|----------------|
| | Healthy side | Injured side | Healthy side | Injured side | Healthy side | Injured side |
| RM 60°/s | 0.75 (0.11) | 0.73 (0.12) NS | 0.72 (0.1) | 0.72 (0.12) NS | 0.77 (0.19) | 0.76 (0.14) NS |
| RL 60°/s | 0.32 (0.07) | 0.30 (0.07) NS | 0.32 (0.08) | 0.30 (0.08) NS | 0.35 (0.05) | 0.32 (0.07) NS |
| RL/RM 60°/s | 0.44 (0.09) | 0.42 (0.09) NS | 0.44 (0.09) | 0.42 (0.07) NS | 0.47 (0.07) | 0.42 (0.1) NS |
| RM 180°/s | 0.60 (0.11) | 0.57 (0.14) <i>P</i> = 0.009 | 0.59 (0.12) | 0.55 (0.16) NS | 0.59 (0.17) | 0.57 (0.17) NS |
| RL 180°/s | 0.24 (0.06) | 0.23 (0.05) NS | 0.25 (0.06) | 0.24 (0.06) NS | 0.28 (0.07) | 0.25 (0.05) NS |
| RL/RM 180°/s | 0.41 (0.1) | 0.42 (0.11) NS | 0.43 (0.1) | 0.45 (0.14) NS | 0.47 (0.09) | 0.44 (0.09) NS |

reported an annual incidence of 169 per 100,000 subjects for US military personnel and 435 per 100,000 subjects for military cadets.

Sport was the most frequent cause of dislocation and accounted for 78% of the cases in our study (Fig. 1); this value was 48% for Zacchilli and Owens [44], 47% for Simonet et al. [40] and 96% for Owens et al. [34]. These differences can be explained by the nature of the patient recruitment: the values reported by Zacchilli and Owens and Simonet et al. corresponded to emergency room admissions, whereas Owens' et al. study was performed in military academies. In our present study, many of the subjects were students and played sport (kayaking, judo, handball, soccer, etc.) on a regular basis; indeed, a good proportion were high-level sportsmen in regional and national squads.

The management of shoulder instability has been addressed by many authors [7,18,21,23,38]. Hovelius et al. [22] estimated that half of the subjects aged 12 to 25 undergoing rehabilitation after a first episode of instability did not suffer from recurrence and that compliance with post-traumatic immobilization did not appear to influence the risk of recurrence. In contrast, Itoi et al. [24–27] recommended immobilization in an external rotation brace, which appeared to be associated with a decreased risk of recurrence. However, Finestone et al. [15] did not find a significant relationship between internal or external immobilisation and the rate of recurrence after initial dislocation. In a study with 7 years of follow-up of anterior glenohumeral dislocations, Tsai et al. [42] noted that 65% of the subjects reported instability during physical activity.

In fact, it appears that age, side (dominant vs. non-dominant), gender, the severity of initial bone damage (a posterior chip fracture or damage to the lower edge of the glenoid cavity) and the level and type of sport are more important predictive factors than immobilization in the risk of recurrence [1,28,35]. These various criteria were met in our present study: the population was young (mean age: 24.8), with a high proportion of keen sportsmen; the trauma was on the dominant side in 63% of cases and was associated with a posterior chip fracture of the humeral head in 33% of cases, damage to the lower edge of the glenoid cavity in 20% of cases and both types of damage in under 10% of cases.

Although isokinetic testing of the shoulder has been extensively studied [5,12,14,16], there are still a number of disparities in terms of the body positions, velocities and protocols used. However, there appears to be a consensus in favour of the Davis modified position as the reference position for the evaluation of painful and/or unstable shoulders. The supine position with the arm abducted at 90° is used above all when evaluating throwers and in the absence of an underlying pathology.

Concentric mode measurements are reproducible, as long as the protocol is rigorously adhered to [6,8,9]. In our study, we used the modified Davis position. We always tested the injured shoulder first, while limiting the movement to pain-free amplitudes and allowing the subject to warm up for as

long as required (in order to dispel any apprehension). We performed all our measurements in a concentric mode, in order to maximize reproducibility and decrease the risk of injury.

Many studies [13,17,31,36,41] have tried to establish reference values for isokinetic measurements of rotator muscles in the healthy shoulder. Different parameters influence the outcome of these measurements, such as age, gender, the subject's morphology, dominance vs. non-dominance, the type of sporting activity, the subject's occupation, the dynamometer used for the tests, the angular velocities and the subject's position during the test.

In sedentary subjects, one does not observe a significant difference between the dominant and non-dominant arms. In contrast, higher IR torque values are found for the dominant arm in sportspeople practicing asymmetric sports, such as tennis [2], baseball [20] and volleyball [43]. Consequently, ER/IR ratios are lower. Some authors consider that imbalance may cause the shoulder pain frequently experienced in these groups of sportspeople [29].

Research on imbalance of the shoulder IRs and ERs in the aftermath of dislocation has yielded contradictory results; some authors consider that instability is favoured by an impairment of the IRs, whereas others believe that impairment of the ERs is to blame [11,19,37,39]. These studies concerned small, heterogeneous populations (a mixture of males and females, sportspeople and sedentary subjects, etc.) in whom glenohumeral instability was not always due to trauma. Our study solely concerned men presenting with post-traumatic anterior or anterior-inferior instabilities. In this well-defined setting, we did not find any significant difference in the ER/IR ratios (measured in concentric mode) when comparing the healthy side and the injured side, regardless of whether the injured shoulder was dominant or not, the number of dislocations and the severity of bone damage observed.

We consider that isokinetic testing is of value in cases in which the traumatic origin of the instability is uncertain and radiographic screening is negative. In these cases, the discovery of muscle imbalance would guide the physician's choice of a rehabilitation programme. In contrast, a confirmed lack of muscle imbalance would provide an additional argument in favour of joint injury and would prompt the physician to perform additional radiological screening for labral damage.

1.5. Conclusion

In the present study population, post-traumatic dislocations had no impact on the muscle balance of the shoulder rotators (as measured in concentric isokinetic mode).

These observations validate Broca and Hartman's hypothesis in a post-traumatic setting, whereas the theory of "muscle imbalance" developed by De Palma appears to apply only to non-traumatic instabilities.

These observations prompt us to question the usefulness of rehabilitation (and notably specific strengthening of

the IRs) after an episode of post-traumatic instability, as is generally recommended. Indeed, our findings raise the question of whether proprioceptive work alone might be sufficient.

In any case, we consider that concentric-mode, isokinetic testing is not essential in patients with post-traumatic anterior or anterior-inferior dislocations.

Disclosure of interest

The authors declare that they have no conflicts of interest concerning this article.

2. French version

2.1. Introduction

En 1890, Broca et Hartman [3,4] ont émis l'hypothèse que les récurrences après un premier épisode de luxation antéro-inférieure traumatique de l'épaule étaient liées à la présence de lésions du labrum et de defect postérieur de la tête humérale.

De Palma, en 1950, [10] s'est opposé à cette hypothèse, il a suggéré la prédominance d'un déséquilibre neuromusculaire par atteinte des muscles rotateurs lors de l'accident initial pour expliquer l'instabilité glénohumérale récidivante.

Actuellement l'évaluation isocinétique [8,9,30,31,36] est une technique reconnue fiable pour évaluer les performances des muscles rotateurs de l'épaule. Elle permet de détecter les déficits portant sur certains groupes musculaires et de repérer les perturbations de la balance agonistes-antagonistes constatées lors de certaines pathologies.

Le but de cette étude est :

- d'étudier le retentissement éventuel de l'instabilité post-traumatique sur l'équilibre musculaire des rotateurs internes et externes de l'épaule lésée en fonction du côté lésé (dominant ou non), du nombre d'épisodes d'instabilité, ainsi que de l'importance des lésions ;
- de préciser les indications de l'évaluation isocinétique.

2.2. Population et méthode

Nous avons mené une étude prospective entre avril 2004 et janvier 2009.

2.2.1. Population

Nous avons effectué un bilan isocinétique systématique des deux épaules de 102 hommes, présentant tous une instabilité secondaire à une ou plusieurs luxations antérieures ou antéro-inférieures d'origine traumatique, l'âge moyen était de 24,8 ans (16–47), les caractéristiques morphologiques sont présentées dans le [Tableau 1](#).

La répartition des causes d'instabilité est reproduite sur la [Fig. 1](#).

Tableau 1
Caractéristiques morphologiques des patients.

| Patients | Âge (années) | Poids (Kg) | IMC | Nombre d'épisodes d'instabilité |
|---|--------------|------------|------|---------------------------------|
| Côté dominant lésé <i>n</i> = 64 | 23 | 72,3 | 23,3 | 4 (2–10) |
| Côté non dominant lésé <i>n</i> = 38 | 26 | 73,5 | 23,7 | 4 (2–8) |

2.2.2. Critères d'inclusion

Tous les sujets avaient présenté au moins un épisode de luxation post-traumatique antérieure ou antéro-inférieure documenté. Le nombre moyen d'épisodes d'instabilité était de 4 (1–10).

L'épaule lésée était du côté dominant pour 64 sujets et du côté non dominant pour 38, il n'y a pas de différence morphologique significative entre les deux groupes, de même le nombre moyen d'épisodes d'instabilité est semblable dans les deux groupes.

Le délai entre la première luxation traumatique le test isocinétique était en moyenne de 38 mois (4–146). Le délai entre le dernier épisode d'instabilité et le test isocinétique était au minimum d'un mois (1–6).

La plupart des patients avaient bénéficié d'une prise en charge orthopédique et rééducative adaptée à la suite de la première luxation, celle ci associait une immobilisation coude au corps variant de huit à 20 jours, suivie d'une rééducation associant classiquement un renforcement des muscles rotateurs médiaux et un travail proprioceptif. Les récurrences n'ont pas toujours été suivies de rééducation.

Tous les patients ont bénéficié de radiographies standards et d'imagerie en coupe, arthroscanner pour 98 sujets, IRM pour quatre sujets.

2.2.3. Critères d'exclusion

Les sujets qui présentaient des épisodes d'instabilité non traumatiques, des lésions associées telles que rupture de la coiffe des rotateurs, ou fracture humérale ont été exclus de cette étude.

2.2.4. Évaluation isocinétique

Le test isocinétique était systématique, intégré dans le bilan préopératoire. Tous les tests ont été réalisés par le même opérateur dans le service de médecine du sport du CHU de Rennes ; ils ont tous été précédés d'un examen clinique vérifiant l'absence de contre-indication (douleur, limitation articulaire...).

Chaque patient a bénéficié d'une information écrite, décrivant le test et les complications éventuelles.

Tous les tests ont été effectués sur le même dynamomètre : Cybex Norm. La position adoptée était celle de Davis modifiée : position assise, bras en abduction entre 25° et 45° dans le plan de la scapula, coude à 90° de flexion.

2.2.5. Ordre des tests

Le test a toujours débuté par le côté lésé afin de déterminer les amplitudes articulaires maximales non douloureuses. Nous

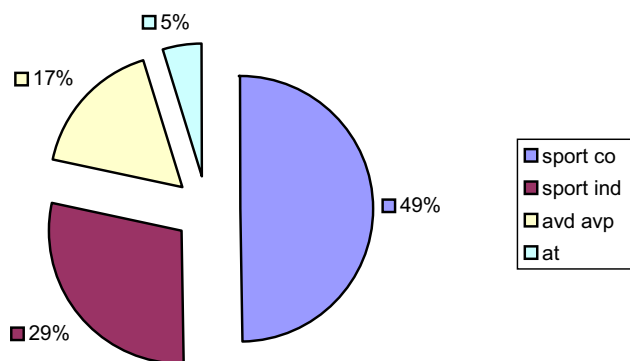


Fig. 1. Répartition des instabilités.

avons noté rigoureusement les différents paramètres de position afin que les amplitudes articulaires testées soient identiques des deux côtés.

Les mesures sont enregistrées après un échauffement sur l'appareil, la durée de cet échauffement est laissée libre afin d'obtenir la meilleure adaptation possible et surtout éviter l'appréhension liée au test.

Le test débute toujours bras en rotation latérale, le patient effectue trois répétitions à vitesse lente ($60^\circ/\text{s}$), puis après un repos de 20 secondes, cinq répétitions à vitesse rapide ($180^\circ/\text{s}$). On enregistre le pic de couple rapporté au poids (Nm/Kg), des rotateurs médiaux et latéraux sur un mode concentrique, ainsi que le rapport rotateurs latéraux/rotateurs médiaux aux deux vitesses.

2.2.6. Analyse statistique

Les paramètres étudiés sont les valeurs des pics de couple rapporté au poids (Nm/Kg) des rotateurs médiaux (RM) et latéraux (RL) ainsi que les ratios RL/RM aux deux vitesses ($60^\circ/\text{s}$ et $180^\circ/\text{s}$).

Dans chaque groupe, nous avons comparé les valeurs du côté sain versus côté lésé.

Le test non paramétrique de Wilcoxon (Signed rank test) pour échantillons appariés a été utilisé pour l'analyse

statistique (logiciel biostatgv.jussieu.fr). Ce test permet d'éviter de vérifier la répartition et la variance dans chaque groupe.

Les résultats ont été jugés significatifs pour $p < 0,05$.

2.3. Résultats

2.3.1. Résultats globaux (102 sujets)

Il n'existe pas de différence significative entre la force musculaire du côté lésé et du côté sain, que ce soit sur les rotateurs médiaux, latéraux ou le rapport RL/RM (Tableau 2).

2.3.2. Influence du caractère dominant

2.3.2.1. Côté dominant lésé (64 sujets). Il n'existe pas de différence significative entre la force musculaire du côté lésé et du côté sain, que ce soit sur les rotateurs médiaux, latéraux ou le rapport RL/RM (Tableau 2).

2.3.2.2. Côté non dominant lésé (38 sujets). Il n'existe pas de différence significative entre la force musculaire du côté lésé et du côté sain pour le rapport RL/RM (Tableau 2). On retrouve une tendance générale avec une faiblesse de force musculaire du côté lésé non dominant par rapport au côté sain dominant, avec une différence significative pour les RL $60^\circ/\text{s}$ et RM à $180^\circ/\text{s}$. Ces chiffres sont légèrement plus faibles du côté non dominant mais semblent plus être en rapport avec le caractère « non dominant » que le caractère « lésé » du facteur analysé, compte tenu des résultats du chapitre précédent.

2.3.3. Influence du nombre de récurrences

2.3.3.1. Nombre de récurrences inférieures à 3 (42 sujets). Il n'existe pas de différence significative entre la force musculaire du côté lésé et du côté sain, pour le rapport RL/RM (Tableau 3). Il existe une tendance générale à une faiblesse des rotateurs médiaux et latéraux aux deux vitesses du côté lésé.

2.3.3.2. Nombre de récurrences comprises entre 3 et 5 (38 sujets). Il n'existe pas de différence significative entre la force musculaire du côté lésé et du côté sain, pour le rapport RL/RM

Tableau 2
Résultats globaux.

| Pic de couple (Nm) % poids | Résultats globaux <i>n</i> = 102 | | Côté dominant lésé <i>n</i> = 64 | | Côté non dominant lésé <i>n</i> = 38 | |
|----------------------------|-------------------------------------|---------------------------|-------------------------------------|-------------------|---|---------------------------|
| | Côté sain | Côté lésé | Côté sain | Côté lésé | Côté sain | Côté lésé |
| RM $60^\circ/\text{s}$ | 0,72 (0,12) | 0,71 (0,12) NS | 0,72 (0,12) | 0,74 (0,12) NS | 0,73 (0,12) | 0,68 (0,11) $p = 0,06$ |
| RL $60^\circ/\text{s}$ | 0,32 (0,08) | 0,31 (0,07) NS | 0,32 (0,07) | 0,31 (0,07) NS | 0,34 (0,08) | 0,30 (0,08) $p = 0,04$ |
| RL/RM $60^\circ/\text{s}$ | 0,45 (0,09) | 0,43 (0,09) NS | 0,44 (0,08) | 0,43 (0,08) NS | 0,45 (0,11) | 0,44 (0,09) NS |
| RM $180^\circ/\text{s}$ | 0,59 (0,12) | 0,55 (0,14) $p = 0,06$ | 0,59 (0,13) | 0,58 (0,14) NS | 0,58 (0,11) | 0,52 (0,13) $p = 0,04$ |
| RL $180^\circ/\text{s}$ | 0,25 (0,06) | 0,23 (0,06) NS | 0,24 (0,06) | 0,24 (0,05) NS | 0,26 (0,07) | 0,23 (0,06) NS |
| RL/RM $180^\circ/\text{s}$ | 0,43 (0,09) | 0,44 (0,11) NS | 0,42 (0,09) | 0,43 (0,11) NS | 0,44 (0,09) | 0,45 (0,11) NS |

Tableau 3

Résultats en fonction du nombre de récurrences.

| Pic de couple (Nm) % poids | Nombre récurrences < 3 n = 42 | | Nombre récurrences de 3 à 5 n = 38 | | Nombre récurrences > 5 n = 22 | |
|----------------------------|----------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|-------------------------|----------------------------------|-------------------|
| | Côté sain | Côté lésé | Côté sain | Côté lésé | Côté sain | Côté lésé |
| RM 60°/s | 0,74 (0,11) | 0,72 (0,12) NS | 0,72 (0,13) | 0,72 (0,13) NS | 0,70 (0,11) | 0,70 (0,11) NS |
| RL 60°/s | 0,32 (0,07) | 0,31 (0,08) NS | 0,33 (0,07) | 0,31 (0,07) p = 0,03 | 0,32 (0,09) | 0,30 (0,06) NS |
| RL/RM 60°/s | 0,44 (0,08) | 0,43 (0,1) NS | 0,46 (0,09) | 0,43 (0,08) NS | 0,46 (0,12) | 0,43 (0,07) NS |
| RM 180°/s | 0,61 (0,12) | 0,58 (0,13) p = 0,02 | 0,58 (0,13) | 0,54 (0,16) p = 0,01 | 0,56 (0,12) | 0,54 (0,13) NS |
| RL 180°/s | 0,25 (0,05) | 0,24 (0,06) NS | 0,25 (0,07) | 0,23 (0,06) NS | 0,25 (0,07) | 0,23 (0,04) NS |
| RL/RM 180°/s | 0,41 (0,09) | 0,42 (0,09) NS | 0,43 (0,09) | 0,45 (0,11) NS | 0,45 (0,11) | 0,45 (0,13) NS |

(Tableau 3). Il existe une tendance générale à une faiblesse des rotateurs médiaux et latéraux aux deux vitesses du côté lésé.

2.3.3.3. Nombre de récurrences supérieure à 5 (22 sujets). Le pic de force des muscles rotateurs médiaux (RM) est identique à 60°/s est plus faible à 180° (Tableau 3).

Le pic de force des muscles rotateurs latéraux (RL) est plus faible aux deux vitesses.

Les rapports RL/RM est plus faible à 60°/sec, et identique à 180°/s.

Au total, quel que soit le nombre d'épisodes d'instabilité on observe une tendance générale à une faiblesse des rotateurs du côté lésé, mais on ne retrouve pas de différence significative des rapports RL/RM mesurés en mode concentrique.

2.3.4. Influence des lésions osseuses

2.3.4.1. Présence d'une encoche postérieure de la tête humérale (35 sujets). Il n'existe pas de différence significative entre la force musculaire du côté lésé et du côté sain, pour le rapport RL/RM (Tableau 4). Il existe une tendance générale à une faiblesse des rotateurs médiaux et latéraux aux deux

vitesses du côté lésé qui est significative pour les rotateurs médiaux à 180°/s.

2.3.4.2. Présence d'une lésion inférieure de la glène (21 sujets). Il n'existe pas de différence significative entre la force musculaire du côté lésé et du côté sain, pour le rapport RL/RM (Tableau 4). Il existe une tendance générale à une faiblesse des rotateurs médiaux et latéraux aux deux vitesses du côté lésé.

2.3.4.3. Présence d'une lésion inférieure de la glène associée à une encoche postérieure de la tête humérale (huit sujets). Il n'existe pas de différence significative entre la force musculaire du côté lésé et du côté sain, pour le rapport RL/RM (Tableau 4). Il existe une tendance générale à une faiblesse des rotateurs médiaux et latéraux ainsi que des rapports RM/RL aux deux vitesses du côté lésé.

Au total, quel que soit le type de lésion osseuse on ne retrouve pas de différence significative des rapports RL/RM mesurés en mode concentrique.

Tableau 4

Résultats en fonction de l'importance des lésions.

| Pic de couple (Nm) % poids | Encoche n = 35 | | Glène n = 21 | | Encoche + Glène n = 8 | |
|----------------------------|-------------------|--------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|-------------------|
| | Côté sain | Côté lésé | Côté sain | Côté lésé | Côté sain | Côté lésé |
| RM 60°/s | 0,75 (0,11) | 0,73 (0,12) NS | 0,72 (0,1) | 0,72 (0,12) NS | 0,77 (0,19) | 0,76 (0,14) NS |
| RL 60°/s | 0,32 (0,07) | 0,30 (0,07) NS | 0,32 (0,08) | 0,30 (0,08) NS | 0,35 (0,05) | 0,32 (0,07) NS |
| RL/RM 60°/s | 0,44 (0,09) | 0,42 (0,09) NS | 0,44 (0,09) | 0,42 (0,07) NS | 0,47 (0,07) | 0,42 (0,1) NS |
| RM 180°/s | 0,60 (0,11) | 0,57 (0,14) p = 0,009 | 0,59 (0,12) | 0,55 (0,16) NS | 0,59 (0,17) | 0,57 (0,17) NS |
| RL 180°/s | 0,24 (0,06) | 0,23 (0,05) NS | 0,25 (0,06) | 0,24 (0,06) NS | 0,28 (0,07) | 0,25 (0,05) NS |
| RL/RM 180°/s | 0,41 (0,1) | 0,42 (0,11) NS | 0,43 (0,1) | 0,45 (0,14) NS | 0,47 (0,09) | 0,44 (0,09) NS |

2.4. Discussion

L'objectif de ce travail était d'étudier le retentissement éventuel des récives de luxations antérieures et antéro-inférieures post-traumatiques sur l'équilibre musculaire des rotateurs médiaux et latéraux de l'épaule.

Notre étude a concerné uniquement des hommes, ce recrutement est conforme aux études préalables qui ont démontré que les luxations post-traumatiques étaient plus fréquentes chez les hommes, Zachilli et Owens [44] retrouvent un pourcentage de 71,8 % d'hommes pour une incidence annuelle de 23,9 pour 100 000 sujets se présentant aux urgences.

La moyenne d'âge des sujets est de 24,8 ans (14 – 47) dans notre étude ce qui est généralement retrouvé par d'autres auteurs : pour Zachilli et Owens [44] 46,8 % des traumatismes survenaient entre 15 et 29 ans, Owens et al. [32] rapportent une incidence annuelle de 169 pour 100 000 sujets chez les militaires américains et de 435 pour 100 000 sujets dans les académies militaires (les cadets).

Le sport est le facteur le plus fréquemment retrouvé à l'origine de l'accident, 78 % des cas dans notre étude (Fig. 2), 48 % pour Zachilli et Owens [33,44], 47 % pour Simonet et al. [40], 96 % pour Owens et al. [34] ces variations s'expliquent par le recrutement des sujets : les chiffres retrouvés pour Zachilli et Owens et Simonet et al. correspondent à des études effectuées auprès des services d'urgences, l'étude d'Owens et al. a été effectuée dans les académies militaires. Dans notre étude beaucoup de sujets sont étudiants et pratiquent régulièrement un sport (Kayak, judo, handball, football...), un bon nombre pratique de manière intensive dans des structures de haut niveau, pôles espoir et pôles France.

La prise en charge de l'instabilité d'épaule, a fait l'objet nombreuses publications [7,18,21,23,38]. Hovelius et al. [22] estiment que la moitié des sujets de 12 à 25 ans traités par rééducation après un premier épisode d'instabilité ne récidive pas, l'observance ou non d'une immobilisation post-traumatique ne semble pas influencer le risque de récive. A contrario, Itoi et al. [24–27] préconisent une immobilisation en rotation externe, les études qu'il a menées semblent montrer une diminution du risque de récive après ce type d'immobilisation, alors que Finestone et al. [15] ne retrouvent pas de différence significative du risque de récive quel que soit le mode d'immobilisation après le premier épisode d'instabilité. Tsai et al. [42], après un suivi de sept ans, notent que 65 % des sujets présentent une sensation d'instabilité lors de la pratique du sport après une luxation glénohumérale antérieure.

Plus que l'immobilisation, il semble que l'âge, le côté (dominant ou non), le sexe, l'importance des lésions osseuses initiales (encoche postérieure, fracture extrémité inférieure de la glène), le niveau et le type de sport, soient les facteurs prédictifs les plus importants dans le risque de survenue de récive [1,28,35]. Nous retrouvons ces différents critères dans notre étude : la population est jeune (24,8 ans), sportive, le traumatisme est du côté dominant dans 63 % des cas, il s'accompagne d'une encoche postérieure de la tête humérale

dans un tiers des cas, d'une lésion du rebord inférieur de la glène dans 20 %, et de l'association des deux dans moins de 10 %.

L'évaluation isocinétique de l'épaule a fait l'objet de nombreuses études [5,12,14,16], il existe encore des divergences entre les positions, les vitesses et protocoles utilisés. Il semble toutefois se dégager un consensus pour admettre la position de Davis comme position de référence lors des évaluations des épaules douloureuses et ou instables. La position en décubitus dorsal bras en abduction à 90° est surtout utilisée en évaluation chez les sportifs de lancer sans pathologie sous-jacente.

La reproductibilité des mesures en mode concentrique est bonne a condition d'observer une technique rigoureuse [6,8,9]. Dans notre étude nous avons adopté la position assise de Davis : nous avons toujours débuté le test par l'épaule lésée en limitant le geste aux amplitudes non douloureuses et en laissant le sujet s'échauffer le temps nécessaire pour lever toute appréhension. Nous avons effectué toutes nos mesures en mode concentrique pour être le plus reproductible et le moins traumatisant.

De nombreuses études [13,17,31,36,41] ont essayé de déterminer les valeurs normales de référence des mesures isocinétiques des muscles rotateurs de l'épaule. Différents paramètres interviennent dans le résultat de ces mesures, l'âge, le sexe, la morphologie du sujet, le côté dominant ou non, le type d'activité sportive, le métier, le dynamomètre utilisé pour les tests, les vitesses angulaires, la position du sujet lors du test.

Chez les sédentaires on n'observe pas de différence significative entre le bras dominant et non dominant, a contrario, on retrouve des valeurs supérieures des rotateurs internes lors de la pratique de sports asymétriques tels que le tennis [2], le baseball [20], le volleyball [43], avec pour conséquence des rapports RL/RM plus faibles. Pour certains auteurs ce déséquilibre serait à l'origine des douleurs scapulaires très fréquentes dans ces populations de sportifs [29].

Le déséquilibre musculaire des rotateurs médiaux et latéraux de l'épaule lors de l'instabilité a fait l'objet de travaux dont les résultats sont contradictoires pour certains auteurs l'instabilité serait favorisée par la présence d'un déficit des rotateurs médiaux, pour d'autres il s'agirait d'un déficit des rotateurs latéraux [11,19,37,39]. Ces études concernent de faibles échantillons hétérogènes (femmes, hommes, sportifs et sédentaires) dont l'instabilité glénohumérale n'est pas toujours d'origine post-traumatique. Notre étude a concerné des hommes ayant tous présenté des instabilités antérieures ou antéro-inférieures post-traumatiques. Dans ce cadre bien défini, nous n'avons pas retrouvé de différence significative des rapports RL/RM entre le côté sain et le côté traumatisé en mode concentrique, que l'épaule lésée soit dominante ou non, quel que soit le nombre d'épisodes d'instabilité et l'importance des lésions osseuses observées.

La pratique d'un test isocinétique nous apparaît utile dans les cas particuliers, lorsque l'origine traumatique de l'instabilité n'est pas bien objectivée et le bilan radiographique négatif. Dans ces cas la mise en évidence d'un déséquilibre musculaire permet d'orienter la rééducation, dans le cas contraire ce test

donne un argument supplémentaire en faveur d'une lésion articulaire, il permet d'orienter les investigations radiologiques complémentaires à la recherche d'une lésion labrale.

2.5. Conclusion

Dans la population étudiée, les luxations post-traumatiques n'ont pas de retentissement sur l'équilibre musculaire des rotateurs de l'épaule mesuré en mode isocinétique concentrique.

Ces constatations valident l'hypothèse de Broca et Hartman en post-traumatique, alors que la théorie de « déséquilibre musculaire » développée par De Palma est plutôt réservée aux instabilités non traumatiques.

Ces constatations nous permettent de nous interroger sur l'utilité de la rééducation notamment d'un renforcement spécifique des rotateurs internes après un épisode d'instabilité post-traumatique tel qu'il est habituellement préconisé. Faut-il s'orienter vers un travail uniquement proprioceptif ?

En tout cas, le test isocinétique concentrique ne nous apparaît pas indispensable lors de luxations antérieures ou antéro-inférieures post-traumatiques.

Déclaration d'intérêts

Les auteurs déclarent ne pas avoir de conflits d'intérêts en relation avec cet article.

References

- [1] Boileau P, Villaba M, Hery JY, Balq F, Ahrens P, Neyton L. Risk factors for recurrence of shoulder instability after arthroscopic Bankart repair. *J Bone Joint Surg Am* 2006;88:1755–63.
- [2] Brassine E, Dumas S, Dugaillly P-M, Mouraux D. Isokinetic performance of upper limb muscle groups in high-level tennis players. *Isokinet Exerc Sci* 2005;13:77–8.
- [3] Broca A, Hartmann H. Contribution à l'étude des luxations de l'épaule (luxations anciennes et luxations récidivantes). *Bull Soc Anat* 416;1890.
- [4] Broca A, Hartmann H. Contribution à l'étude des luxations de l'épaule (luxations dites incomplètes, décollements périostiques, luxations directes et luxations indirectes). *Bull Soc Anat* 312;1890.
- [5] Brown LE, Whitehurst M, Bryant JR. Reliability of the lido active isokinetic dynamometer concentric mode. *Isokinet Exerc Sci* 1992;2: 191–4.
- [6] Brown LE, Whitehurst M, Bryant JR. Reliability of the Biodex system 2 isokinetic dynamometer concentric mode. *Isokinet Exerc Sci* 1992;3: 160–3.
- [7] Burkhead WZ, Rockwood CA. Treatment of instability of the shoulder with an exercise program. *J Bone Joint Surg Am* 1992;74:890–6.
- [8] Codine P, Bernard PL, Pocholle M, Herisson C. Isokinetic strength measurement and training of the shoulder: methodology and results. *Ann Readapt Med Phys* 2005;48:80–92.
- [9] Codine P, Bernard PL, Sabayrolles P, Herrison C. Reproducibility of isokinetic shoulder testing. *Isokinet Exerc Sci* 2005;13:61–2.
- [10] DePalma Anthony F. Recurrent dislocation of the shoulder joint. *Ann Surg* 1950;132(6):1052–65.
- [11] Determe P, Bellumore Y, Mansat M. Instabilité micro-traumatique de l'épaule. *J Traumatol Sport* 1998;15:154–61.
- [12] Dupuis C, Tourny-Chollet C, Beuret-Blanquart F. Isokinetic analysis of the volleyball player at the end range of motion. *Isokinet Exerc Sci* 2003;11:67–8.
- [13] Durall CJ, Davies GJ. The reproducibility of assessing arm elevation in the scapular plane on the cybex 340. *Isokinet Exerc Sci* 2000;8:7–11.
- [14] Edouard P, Fayolle-minon I, Calmels P. Instabilité d'épaule et isocinétisme : apport de l'isocinétisme dans une situation clinique complexe. *J Traumatol Sport* 2009;26:48–53.
- [15] Finestone A, Milgrom C, Radeva-Petrova DR, Rath E, Barchilon V, Beyth S, et al. Immobilization in an external or internal rotation brace did not differ in preventing recurrent shoulder dislocation. *J Bone Surg Br* 2009;91: 918–21.
- [16] Forthomme B, Croisier J, Crielaard J. Proposal for assessment protocols for different shoulder muscle groups. *Isokinet Exerc Sci* 2003;1:67–8.
- [17] Frisiello S, Gazaille A. Test-reliability of eccentric peak torque values for shoulder medial and lateral rotation using the biodex isokinetic dynamometer. *J Orthop Sports Phys Ther* 1994;19(6):341–4.
- [18] Godin J, Sekiya JK. Systematic review of rehabilitation versus operative stabilization for the treatment of first-time anterior shoulder dislocations. *Sports Health* 2010;2:156–65.
- [19] Gremeaux V, Gozlan G, Bensoussan L, Coudreuse JM, Viton JM, Delarque A. Assessment of isokinetic shoulder rotational strength in dominant and non dominant side in three high level athlete populations (tennis, swimming, volley-ball). *Isokinet Exerc Sci* 2005;13:67–8.
- [20] Hinton RY. Isokinetic evaluation of shoulder rotational strength in high school baseball pitchers. *Am J Sports Med* 1988;16:274–9.
- [21] Hovelius L, Olofsson A, Sandström B, Augustini BG, Krantz L, Fredin H, et al. Nonoperative treatment of primary anterior shoulder dislocation in patients forty years of age and younger. A prospective twenty-five-year follow-up. *J Bone Joint Surg Am* 2008;90:945–52.
- [22] Hovelius L, Augustini BG, Fredin H, Johansson O, Norling R, Thorling J. Primary anterior dislocation of the shoulder in young patients. A ten-year prospective study. *J Bone Joint Surg Am* 1996;78:1677–84.
- [23] Itoi E, Hatakeyama Y, Sato T, Kido T, Minagawa H, Yamamoto N, et al. Immobilisation in external rotation after shoulder dislocation reduces the risk of recurrence. A randomized controlled trial. *J Bone Surg Am* 2007;89: 2124–31.
- [24] Itoi E, Hatakeyama Y, Urayama M, Pradhan RL, Kido T, Sato T. Position of immobilisation after dislocation of shoulder. A cadaveric study. *J Bone Surg Am* 1999;81:385–90.
- [25] Itoi E, Sashi R, Minagawa H, Shimizu T, Wakabayashi I, Sato T. Position of immobilisation after dislocation of the glenohumeral joint. A study with use of magnetic resonance imaging. *J Bone Surg Am* 2001;83:v661–7.
- [26] Itoi E, Hatakeyama Y, Kido T, Sato T. A new method of immobilisation after traumatic anterior dislocation of the shoulder. *J Shoulder Elbow Surg* 2003;12:413–5.
- [27] Itoi E, Hatakeyama Y, Sato T, Kido T, Minagawa H, Yamamoto N, et al. Position of immobilisation after dislocation of shoulder. A cadaveric study. *J Bone Surg Am* 2007;89:2124–31.
- [28] Kralinger F, Goser K, Wischatta R, Wambacher M, Sperner G. Predicting recurrence after primary anterior shoulder dislocation. *Am Sports Med* 2002;30:116–20.
- [29] Kugler A, Kruger-Franke M, Reininger S, Trouillier H, Rosemeyer B. Muscular imbalance and shoulder pain in volleyball attackers. *Br J Sports Med* 1996;30:256–9.
- [30] Kuhlman JR, Iannotti JP, Kelly MJ, Riegler FX, Gevaert ML, Ergin TM. Isokinetic and isometric measurement of strength of external rotation and abduction of the shoulder. *J Bone Joint Surg Am* 1992;74:1320–33.
- [31] Otis J, Warren R, Backus S, Santner T, Mabrey J. Torque production in the shoulder of the normal young adult male. *Am J Sports Med* 1990;18(2): 119–23.
- [32] Owens BD, Dawson L, Burks R, Cameron KL. Incidence of shoulder dislocation in the United States military: demographic considerations from a high-risk population. *J Bone Joint Surg Am* 2009;91:791–6.
- [33] Owens BD, Agel J, Mountcastle SB, Cameron KL, Nelson BJ. Incidence of glenohumeral instability in collegiate athletics. *Am J Sports Med* 2009;37:1750–4.
- [34] Owens BD, Duffey ML, Nelson BJ, DeBerardino TM, Taylor DC, Mountcastle SB. The incidence and characteristics of shoulder instability at the United States Military Academy. *Am J Sports Med* 2007;35: 1168–73.

- [35] Paterson W, Throckmorton T, Koester M, Azar F, Kuhn J. Position and duration of immobilisation after primary anterior shoulder dislocation. *J Bone Surg Am* 2010;92:2924–33.
- [36] Perrin D, Robertson R, Ray R. Bilateral isokinetic peak torque, torque acceleration energy, power, and work relationships in athletes and non-athletes. *J Orthop Sports Phys Ther* 1987;9:184–8.
- [37] Pocholle M, Codine P. Influence de la balance musculaire sur la survenue d'accidents tendino-musculaires. *Progrès en Médecine Physique et de Réadaptation*. Paris: Masson Ed; 1999. p. 170–6.
- [38] Porcellini G, Campi F, Pegreff F, Castagna A, Paladini P. Predisposing factors for recurrent shoulder dislocation after arthroscopic treatment. *J Bone Joint Surg Am* 2009;91:2537–42.
- [39] Sabourin F, Rodineau J. Résultats isocinétiques dans l'épaule instable non opérée. In: *Isocinétisme et médecine de rééducation*. Paris: Masson; 1991. p. 45–50.
- [40] Simmonet WT, Melton LJ, Cofield RH, Ilstrup DM. Incidence of anterior shoulder dislocation in Olmsted County, Minnesota. *Clin Orthop Relat Res* 1984;186:186–91.
- [41] So R, Siu O, Chin M, Chan K. Bilateral isokinetic variables of the shoulder: a prediction model for young men. *Br J Sports Med* 1995;29:105–9.
- [42] Tsai LI, Wredmark T, Johansson C, Gibo K, Engstrom B, Tornqvist H. Shoulder function in patients with unoperated anterior shoulder instability. *Am J Sports Med* 1991;19:469–73.
- [43] Wang HK, Macfarlane A, Cochrane T. Isokinetic performance and shoulder mobility in elite volleyball athletes from the United Kingdom. *Br J Sports Med* 2000;34:39–43.
- [44] Zacchilli MA, Owens BD. Epidemiology of shoulder dislocations presenting to emergency departments in United States. *J Bone Joint Surg Am* 2010;92:542–9.